

高压静电场对微生物和作物的影响及其在农业中的应用

黎先栋

(中国科学院南京土壤研究所)

王淑惠

(中国科学院南京地理研究所)

自然界是一个静电的大海洋,^[1-4]一切物体经常处于静电的作用之中,生物体也时刻在静电场作用下生长繁殖。环境电场变化,特别是外加高压静电场在适宜条件下,必然对构成生物体物质的电荷分布、排列、运动发生作用,从而影响生物体生命活动的许多方面。据文献报道,^[2,4,6,7,14]在外加静电场和离子雾的作用下,诱导膜电位增大,ATP合成量明显增加,有机物和能量代谢以及矿物质的代谢等也增强了。电场还影响自由基活动,蛋白质和酶的活性,甚至影响遗传基因的变化和包含着电子传递过程的生物氧化作用和还原作用,以及生物电流,生物电场的主要载体等。但是静电对生物的作用机理许多还不清楚。静电场用于农业,也取得了一些初步结果,其中有待研究的问题也还很多。

一、静电场对微生物与作物的作用

1. 对微生物的影响

据文献报道^[1,8,9],10种不同根瘤菌以60kV/m场强处理1小时,与对照无显著差异;处理4小时,有抑制作用;处理2小时有刺激生长作用,其中生长最佳的有4种(苜蓿根瘤菌, B₂₅ 草木樨根瘤菌,美国苜蓿根瘤菌, S₄₃ 草木樨根瘤菌),生长良好的有5种(三叶草根瘤菌,蚕豆根瘤菌, 2.18 紫云英根瘤菌,草木樨根瘤菌, 1.536 碗豆根瘤菌);生长差的是1.71 菜豆根瘤菌。

静电场处理1小时,根瘤菌的细胞壁及整体和对照的差异不明显;处理2小时的菌体增多,细胞壁有不规则的增厚;处理4小时,数量减少,细胞壁色深,核质密集,有的呈触角畸变

现象。

草木樨盆栽试验中,接种用静电处理的草木樨根瘤菌,根瘤生长良好,结瘤率比对照(刺激素吡啶乙酸处理)组增加170.1%,用气相色谱测定固氮酶活性,结果比对照增加178.47%。庆大霉素生产菌对高压静电场处理较敏感,5kV/cm处理30分钟,致死率达60%;7kV/cm处理15分钟致死率87%;10kV/cm处理30分钟,致死率96%,但存活的菌产生庆大霉素的量提高了30%。生产淀粉酶的枯草芽孢杆菌,用静电场处理,时间40分钟,场强6kV/cm的致死率35%,碘酒反应圈的直径2.94cm用8kV/cm处理致死率48%,10kV处理致死率达56%,碘酒反应圈的直径随场强的增大而缩小。电场强度和g处理时间适当,可以筛选具有优良特性的菌株。

2. 引起植物细胞染色体畸变和影响有丝分裂

黑麦(*Secale cereale* L.)用30kV/20cm和80kV/20cm强度处理6小时,根尖细胞畸变率分别为0.18%和0.66%。蚕豆用同一剂量处理8小时,畸变率分别为3.22%和4.28%,畸变的细胞形态有断裂状染色体,亦有纺锤形和微粒等类型。可能染色体上的基因也发生了变化^[11,10,18]。

研究表明^[11-13],30kV/200mm处理6小时,对黑麦根尖细胞有丝分裂周期无显著的影响;80kV/200mm处理,分裂周期缩短,植株生长显著增加。蚕豆处理8小时,在30kV/200mm的电场作用后,幼苗高度和有丝分裂速度,都明显的高于对照组,而在承受80kV/200mm静电

场作用后,幼苗生长受到抑制,有丝分裂的周期也相应延长。经高压静电场处理后,植物的生长与细胞有丝分裂速度是一致的。

3. 促进细胞融合

外加电场同某些化学物质一样,也可促进细胞融合。80年代 V. Zimmermann 等人首先报告了电场细胞融合^[15-17]细胞液可在显微镜下以空间定向、时间同步的方式下,控制进行。应用电诱导技术,已融合了燕麦、巢菜等植物原生质体。

国内静电场诱导细胞融合已取得了初步成功,有用两个小麦叶肉细胞原生质体受电场作用而融合成功的报道。关于电场强度、处理时间及条件等因子进行了大量工作,在技术手段和措施上都积累了经验。

4. 提高种子发芽率、发芽势

种子在高压静电场作用下,由电晕放电,空气被击穿,产生 NO、NO₂ 和臭氧,与水结合生成硝酸和亚硝酸,附在种子上,既腐蚀种皮又起营养作用,从而促进种子的萌发。臭氧是较强

的杀菌剂,经高压静电场处理过的小麦,很小有黑穗头病发生,效果比用氯处理还好。文献报道,经高压静电场处理过的种子,黄瓜吸水量提高 29—32%,发芽率提高 1—7%,发芽势增加 5—15%。用静电场 176.5kV/m,处理青椒种子 5 分钟,10 天内发芽率提高 43.7%,幼苗生长良好。马铃薯块经电场处理后,导电率提高 7.20—22.4%,生物电位提高 6.6—34.8% 光合作用增强。黄瓜光合作用增加 15—35%,吸收二氧化碳的能力增加 36—81%,排氧能力增加 9—84%。

5. 静电场刺激作物生长,有增产作用

相对于地面,电离层电位为 +360kV/m,地面为 130V/m,整个地球每秒有 1800 库仑正电荷自大气流入地下。由地表伸向大气的植物正是它的通路,五十年代有人曾试验,在大田架设电线,接直流高压电正极,负极接地,使植物叶片和电线间产生电晕放电,据说,有的试验取得了增产效果。

有人分析静电场处理黄瓜植株所结的黄

表 1 静电场处理种子的增产效应^[4]

品 种	静 电 场 处 理		小区产量 (市斤)	增 产 (%)
	静电场场强 (kV/m)	时间 (小时)		
玉米 (沈丹)	0	0	38.58	18
	+176.5	2	45.68	
大豆 (铁丰 8 号)	0	0	11.47	19
	+176.5	2	13.70	
白菜 (八叶齐)	0	0	97.9	25.3 13.3 20.7 22.9
	+353.0	2	122.9	
	-353.0	2	110.9	
	+176.5	2	118.2	
黄瓜 (津行二号)	+176.5	0.17	120.3	24 20 40 30
	0	0	165.6	
	+353.0	2	205.15	
	+353.0	0.083	199.3	
	+176.5	2	231.0	
棉花 (黑山棉一号)	-176.5	2	215.4	10.7 12.4 9.5
	0	0	91.2	
	+400.0	10	101.0	
	-400.0	12	102.5	
	+400.0	14	99.9	

表2 静电场处理植株的增产效应^[4]

品 种		项 目	生长点电位 (kV)	植株高度 (cm)	基 粗 (cm)	小区实产 (斤)	比对照增产 (%)
蕃 茄	处 理		+18	40		278.8	183
	对 照		0	35		98.0	
黄 瓜	处 理		+25		1.29	309.0	24
	对 照		0		1.07	248.2	
大 豆	处 理		+25	82.4		12.61	30
	对 照		0	70.9		9.7	
玉 米	处 理		+25	果穗长 21.43	果穗粗(外径) 5.11	38.47	27
	对 照		0	21.23	5.03	30.40	

瓜,含糖量增加5%,维生素增加2%,无水物质增加4%。同样处理的马铃薯块根中,淀粉增加1.2—4.5%,无水物质增加0.9—2.6%,蛋白质增加0.4—2.5%。

嫁接的苗木置于高压静电场中,恢复期缩短,成活率提高。盆栽二年生的君子兰幼苗,用14—33kV电场处理,叶片数比对照增加80%,叶宽增加50%,茎径增加70%以上,处理6株有4株提早2—3年开花,花色鲜艳,单朵花期35天,整个花序继续开放65天,与一般的花期无差异。

现将作物经高压静电场处理工作汇总如表1,表2。

用静电场处理莴苣种子,正电场促进发芽,负电场抑制发芽。又有人将黄矮豆用-0.6kV/cm电场处理得到30%的增产效果,只要电场小于1kV/cm均有增产效果,而对矮绿豆用+0.15kV/cm电场辐照使之增产61%。国内有人用电场辐照君子兰,正负电场都具有增产效果。有人用绿豆幼苗试验,得出生物电位与静电场的关系曲线,认为静电场作为一种刺激作用于植物,通过植物内部代谢活力的作用而促进其生长,在代谢活力作用范围内,正负电场都可促进植物生长。

二、静电场在农业中的应用

1. 精选种子

用风选、筛选、泥水选,盐水或硫酸铵溶液选种,

破碎籽粒无法选出,因出苗率只有60%,不得不多用种,目前小麦一般产量600—700斤/亩时,用种量为30斤/亩,如果用静电场精选的种子,一般只要20—25斤/亩。高压静电场选种,^[2,4]能按种子大小,化学成份,电导率和介电常数的差别,把种子的含水量、活性、发芽势等自动区分开来。而且静电场选种,不损伤种子,能保证质量,确保壮苗、全苗。近年来已有多静电种子分选机出现。分选机随电场强度的增加选出种子的发芽率也提高,使用25kV的高压静电场分选种子,发芽率有可能达到100%。

静电场分选种子能去掉隐粒和破碎种子,除去杂质,明显的提高了种子纯度,如小麦可提高1.2—27%,黑麦种子能提高0.2—20%,大麦种子提高2.5—36%。

2. 高压静电场施肥

地球表面平均电场强度130V/m,如有带电的云层经过,会骤然上升到10kV/m以上。有人估计在地球上每秒钟有100—300次闪电发生,能合成1500公斤的二氧化氮,溶于水即变成很稀的硝酸和亚硝酸,在土壤中易与其他元素合成硝酸盐类,易为植物根系吸收。估计一次闪电,周围50米半径以内土壤的含氮量可达5.4斤/亩,相当于27斤硫酸铵。几千伏的放电能分解矿化有机质,释放某些灰粉元素锌、铜、锰、钴等,还可改变土壤中某些酶的活性。有人用专门的放电装置,进行静电施肥,黄瓜比普通施肥增产一倍以上,成本只有后者的10万分之

一。

3. 静电喷施农药

目前农药经一般喷雾器雾化后,任其自然沉降,漂移散落,分布很不均匀,叶背面根本喷洒不到,又由于植株交矮不齐,以及风速的影响,约有70%漂浮在大气之中,防治效果较差,还污染空气和水质。静电喷雾器无此类缺点。为增强电晕,在喷雾头内增加毛刺电晕极,强迫农药在电晕内带电,喷射时农药经过高速旋转杯,离子又充分带电,在强电场作用下,农药被微粒化,雾化,在库仑力、静电凝集力的作用下,药滴奔向植株叶面及叶背,在其上形成一层均匀附着力强的薄膜,不易流失,这比常用的转盘式的雾化器的喷头效率高30—50倍,比气力式的喷头大约一千倍。此种喷雾器国内正在研制^[5]。

4. 农产品保鲜贮存

高压静电场场强达35.5kV/cm时,能使空气产生击穿电晕放电,产生大量的臭氧,破坏了水果的催熟剂乙烯,使果实成熟期推迟,同时有强烈的杀菌能力,能减少或阻止水果腐烂。电晕放电时产生的紫外线,也有杀菌作用。经静电场处理的西红柿、桃、黄瓜,腐烂程度比对照分别降低12%、80%和60%,西瓜降低80%,雅安梨降低30%。用高压静电场处理酱油,细菌由 $4 \times 10^4/\text{cm}^3$ 降低到50个/cm³。经电场处理的水,蒸发变慢,霉菌生长受抑制,放在大气中经过十个月,不会生黑霉菌。处理后的甜瓜、红薯,霉菌生长受抑制,谷类则淀粉转化为枝链

的增多,口味好。

高压静电场对微生物和作物的影响的研究现状,已介绍如上。可以看出,其中的许多机理尚不清楚。作者撰写此文,正是希望有更多的科技工作者能关心或从事这方面的研究,使静电技术早日能为农业生产服务。

参 考 文 献

- [1] 中国物理学会静电专业委员会:《1984年会论文集》。
- [2] 菅义夫主编(《静电手册》翻译组译):《静电手册》(日),科学出版社,1983。
- [3] 周锡忠:《静电实验》,上海科学出版社,1984。
- [4] 白希尧等:《自然杂志》7,1984。
- [5] 高良润等:《植保机械用静电雾化喷头综述》,江苏省物理学会静电专业委员会1984年会交流论文。
- [6] 岛山英雄:《静电气学会志》,1982。
- [7] 深田荣一:《静电气学会志》,1981。
- [8] Ahderach, I., and Vad, E: *Int. J. Biometeor.*, **9**, 211—218, 1965.
- [9] Harmhoh, W. A. AND SALF A. H.: *Biochim. Biophys. Acta*, Vol. **148**, 767—89, 1967.
- [10] Sidaway, G. H. et al.: *Int. J. Biometeor.*, **12**, 321—329, 1968.
- [11] Murr, L. E: *Nature (LONDON)*, **200**, 490, 1963.
- [12] Murr, L. E: *Int. J. Biometeor.*, **10**, 135—146, 1966.
- [13] POUL, H. A.: *J. Biol. Physics*, **5**, 3—23, 1968.
- [14] BOL, A. A. et al.: *Nature*, **199**, 91, 1963.
- [15] Zimmerman, U. et al: *Biochim. Biophys. Acta*, **6** 94, 237—277, 1982.
- [16] —: *Bioelectrochem, Bioenerg*, **7**, 533—574, 1980.
- [17] —: *Planta*, **151**, 26—32, 1981.
- [18] REYONLDS, F. S.: *J. Cell Biol.*, **17**, 208, 1962,

[本文于1985年7月17日收到]